

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-222034  
(P2001-222034A)

(43)公開日 平成13年8月17日(2001.8.17)

(51)Int.Cl.  
G 0 2 F 1/313  
1/01

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/313  
1/01テ-マコ-ド\*(参考)  
2 H 0 7 9  
C 2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数5 O.L (全12頁)

(21)出願番号 特願2000-32964(P2000-32964)

(22)出願日 平成12年2月10日(2000.2.10)

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 笠原 亮一  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 郷 隆司  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100078499  
弁理士 光石 俊郎 (外2名)

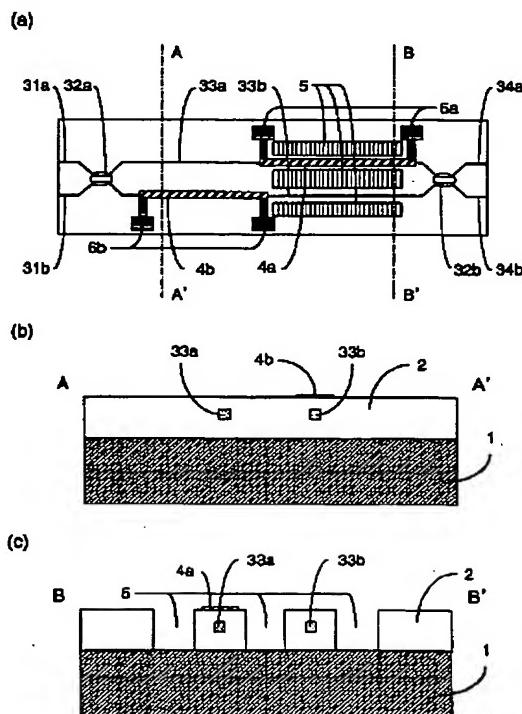
最終頁に続く

(54)【発明の名称】干渉型熱光学光部品

(57)【要約】

【課題】回路寸法の増大や特性劣化を伴わずに、省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を提供することを目的とする。

【解決手段】マッハ・ツェンダ干渉計の2つの合分波器32a, 32bを接続する2本の光導波路33a, 33bの一部に両脇の導波路材料を除去した溝5を設け、光導波路33a上には溝5が形成されている領域に薄膜ヒータ4aが装荷され、もう一方の光導波路33b上には溝5が形成されていない領域に薄膜ヒータ4bが装荷されていることを特徴とする。



(2)

特開2001-222034

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアを十分な厚さのクラッド層で埋め込んだ埋め込み型光導波路からなり、2つの合分波器を2本の光導波路で接続したマッハ・ジェンダ干渉計と、前記光導波路の上部に装荷された薄膜ヒータから構成される干渉型熱光学光部品において、前記2つの光導波路の一部分の両脇に導波路材料を除去した溝が形成され、一方の光導波路上には溝が形成されている領域に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されていない領域に薄膜ヒータが装荷されていることを特徴とする干渉型熱光学光部品。

【請求項2】 請求項1に記載される干渉型熱光学光部品において、前記溝が前記光導波路の中央部分に配置され、一方の光導波路上には溝が形成されている中央部分に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されていない溝の両側に薄膜ヒータが装荷されていることを特徴とする干渉型熱光学光部品。

【請求項3】 請求項1若しくは請求項2のいずれかに記載される干渉型熱光学光部品において、前記溝が形成される領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成されない領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成され、且つ、溝が形成されない領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成される領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成されていることを特徴とする干渉型熱光学光部品。

【請求項4】 請求項3に記載される干渉型熱光学光部品において、前記電気配線が薄膜ヒータ材料の上部に薄膜ヒータ材料に比べて電気伝導率が大きい材料が積層された構造であることを特徴とする干渉型熱光学光部品。

【請求項5】 請求項1から4のいずれかに記載される干渉型熱光学光部品において、導波路材料が石英を主成分とするガラス材料であり、基板材料がシリコンであることを特徴とする干渉型熱光学光部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光導波路で構成されたマッハ・ジェンダ干渉計と薄膜ヒータからなる干渉型熱光学光部品に関するものである。更に詳しくは、特性制御に必要な電力を低減し、且つ、回路作製後の特性ずれ補正を可能にして、生産性が高く、省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を提供するための回路構成法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、コンピュータの急激な普及が大きな牽引力となって取り扱われる情報量が急速に増大しており、大容量光ネットワークの実現が強く望まれている。それに伴って、さまざまな通信用光部品の研究開発が盛んに行われているが、平面光波回路（PLC）は微細加工技術により高精度に作製でき、また、生産性が高

(2)

2

く低価格で作製できるため、次世代光機能部品の実現手段として大きな期待を集めている。

【0003】 既に、各種光機能部品が実現されているが、その中でも、干渉型熱光学光部品は光空間スイッチや光周波数フィルタ等で用いられる最も重要な要素回路の一つである。この回路は、図7(a) (b)に示すように、2つの合分波器32a, 32bを光導波路33a, 33bで接続したマッハ・ジェンダ干渉計と、2本の光導波路33a, 33bの上部に装荷された薄膜ヒータ4a, 4bから構成される。

【0004】 この回路では、薄膜ヒータ4a, 4bのいずれかに電流を流して2本の光導波路33a, 33bに温度差を与えることで、入力光導波路31a, 31bから出力光導波路34a, 34bへの透過特性を制御することができる。例えば、導波路材料として石英系ガラスを使用して光空間スイッチを構成した場合、石英ガラスの温度変化に対する屈折率変化率 $d n/d T$ は約 $10^{-5}$  [1/°C]であり、薄膜ヒータの長さを5 [mm]、使用波長を1.5 [ $\mu m$ ]と仮定すると、約20°Cの温度変化で光路切替え動作に必要な1/2波長の光路長変化を与えることができる。

【0005】 この干渉型熱光学光部品は複数個組み合わせて大規模熱光学光部品を作製することができ、既に、M×Nマトリックス熱光学光スイッチや多並列2×2熱光学光スイッチなどが実現されている。これらの大規模熱光学光部品では、数十～数百個の干渉型熱光学光部品が集積されて消費電力が増大するため、消費電力の低減が強く求められている。これら大規模熱光学光部品の消費電力は、駆動しない干渉型熱光学光部品で消費するバイアス電力と、駆動する干渉型熱光学光部品で消費するドライブ電力からなる。

【0006】 前者のバイアス電力は、作製時に生じた2本の光導波路の光路長誤差を補正するために薄膜ヒータに印加する電力であり、作製誤差に起因する特性劣化を抑制する役目を果たす。作製時に生じる2本の光導波路の光路長誤差は、例えば、光空間スイッチで考えた場合には、光路切替えに要する1/2波長の1/10以下と小さく、バイアス電力はドライブ電力の1/10以下であるが、大規模熱光学光部品では集積される干渉型熱光学光部品の個数が非常に多いため、バイアス電力の低減は非常に重要である。

【0007】 バイアス電力を抑制する方法として、局所加熱による光路長誤差補正技術が既に実現されている。干渉型熱光学光部品では、2本の光導波路の一方に局所的な温度変化を与えて個々の光に位相変調を与えるために熱伝導率の高い基板、例えばシリコン基板を用いている。

【0008】 このため、光導波路部にはシリコンと石英系ガラスの熱膨張係数差によって生じる応力が加わっている。このような光導波路に、局所的に数百度の熱を加

50

(3)

特開2001-222034

3

えると、光導波路部に加わっている応力が不可逆的に変化し、それに伴って屈折率変化を残留させることができるもの。

【0009】この残留屈折率変化を用いて、作製後に光路長誤差を補正することができる。この局所加熱による光路長誤差補正技術は既に確立しており、バイアス電力を与えることなく設計に合致した良好な特性の干渉型熱光学光部品を実現できることが既に確認されている。一方、後者のドライブ電力は、特性制御を行うために導波路に温度変化を与えるのに必要な電力である。

【0010】前述の通り、干渉型熱光学光部品では局所的な温度変化を与えるために熱伝導率の高い基板を用いているが、熱が基板へ逃げてしまうため導波路に所望の温度変化を与えるために必要なドライブ電力は増大する。このドライブ電力を低減する方法として、図8に示すように、薄膜ヒータの両脇に導波路材料を除去した溝を形成する方法が既に提案されている。この方法では、溝の形成により薄膜ヒータで発生した熱が基板へ伝導する際の断面積が減少し、熱の拡散が抑制されるため所望の温度変化を少ない電力で得ることができる。

### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の両脇の導波路材料を除去するドライブ電力抑制法と局所加熱により光路長誤差を補正するバイアス電力抑制法の両方を適用することは原理的に困難であった。前述のバイアス電力抑制法では、局所加熱によって光導波路部に加わる応力に不可逆的な変化を与えるため、あらかじめ光導波路部にある程度の応力が加わっている必要がある。

【0012】しかし、前述のドライブ電力抑制法では、導波路材料を除去することでもともと光導波路が持っている応力が開放されてほぼゼロとなるため、局所加熱を行っても光導波路部の応力はほとんど変化せず、光路長誤差を補正することはできない。この問題の解決法として、片側の光導波路だけに両側の導波路材料を除去した溝を形成し、溝を形成した領域の光導波路上に薄膜ヒータを装荷して特性制御用ヒータとして使用し、もう一方の光導波路は応力開放の影響がないように十分に離して光導波路上に形成した薄膜ヒータを光路長誤差補正用ヒータとして使用する方法が考えられるが、2本の光導波路を離すと回路寸法が増大することや2つの光導波路に構造的な差異を与えると特性劣化が生じたり、設計が困難になったりすることを考慮すると実用的ではない。

【0013】本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであり、干渉型熱光学光部品の2つの合分波器に挟まれた2つの光導波路の一部分の両脇に導波路材料を除去した溝を形成し、一方の光導波路には溝が形成された領域に薄膜ヒータを形成して特性制御用ヒータとして使用し、もう一方の光導波路には溝が形成されていない領域に薄膜ヒータを形成して光路長誤差補正用ヒータとし

10

4

て使用することによって、回路寸法の増大や特性劣化を伴わずに省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を安定に提供することを目的とする。

### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の請求項1に記載した干渉型熱光学光部品は、2つの合分波器を2つの光導波路で接続したマッハ・ツェンダ干渉計を構成し、前記光導波路の上部に薄膜ヒータを装荷した干渉型熱光学光部品において、2つの光導波路の一部分に両脇の導波路材料を除去した溝が形成され、一方の光導波路上には溝が形成されている領域に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されていない領域に薄膜ヒータが装荷されていることを特徴とする。

【0015】また、上記目的を達成する本発明の請求項2に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1に記載された干渉型熱光学光部品において、両脇の導波路材料を除去した溝が前記光導波路の中央部分に配置されており、一方の光導波路上には溝が形成されている中央部分に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されていない溝の両側に薄膜ヒータが装荷されていることを特徴とする。

【0016】また、上記目的を達成する本発明の請求項3に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1若しくは請求項2のいずれかに記載された干渉型熱光学光部品において、溝が形成された領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成されない領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成され、且つ、溝が形成されない領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成される領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成されていることを特徴とする。

【0017】また、上記目的を達成する本発明の請求項4に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項3に記載された干渉型熱光学光部品において、電気配線が薄膜ヒータ材料の上部に薄膜ヒータ材料に比べて電気伝導率が大きい材料が積層された構造であることを特徴とする。

【0018】また、上記目的を達成する本発明の請求項5に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1から請求項4のいずれかに記載された干渉型熱光学光部品において、導波路材料が石英を主成分とするガラス材料であり、基板材料がシリコンであることを特徴とする。

### 【0019】

【作用】本発明の請求項1に記載した干渉型熱光学光部品は、2つの合分波器を接続する2つの光導波路の一部分に両脇の導波路材料を除去した溝が形成され、一方の光導波路上には溝が形成された領域に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されない領域に薄膜ヒータが装荷されているため、溝が形成された領域に装荷された薄膜ヒータを特性制御用ヒータとして使

50

用することで効率的に光導波路を加熱して少ない電力で特性制御を行うことができ、更に、溝が形成されない領域に装荷された薄膜ヒータを光路長誤差補正用ヒータとして使用することで局所加熱による光路長誤差補正をすることができるため、省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を安定に提供することができる。

【0020】本発明の請求項2に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1に記載した干渉型熱光学光部品において、特に、両脇の導波路材料を除去した溝が前記光導波路の中央部分に配置されており、一方の光導波路上には溝が形成されている中央部分に薄膜ヒータが装荷され、もう一方の光導波路上には溝が形成されていない溝の両側に薄膜ヒータが装荷されているため、回路寸法の増大を伴わずに両脇の導波路材料を除去した溝を2つの合分波器から遠ざけて、溝で生じる応力変化による合分波器の特性劣化を防ぐことができ、省電力で特性が優れ、且つ、より小型な干渉型熱光学光部品を安定に提供することができる。

【0021】本発明の請求項3に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1若しくは請求項2に記載した干渉型熱光学光部品において、特に、溝が形成された領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成されない領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成され、且つ、溝が形成されない領域に薄膜ヒータが形成される光導波路側には、溝が形成される領域の光導波路上に薄膜ヒータに接続された電気配線が形成されているため、薄膜ヒータに給電するための電気配線を整然と配置することができ、小型で大規模化に適し、且つ省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を安定に提供することができる。

【0022】本発明の請求項4に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項3に記載した干渉型熱光学光部品において、特に、電気配線が薄膜ヒータ材料の上部に薄膜ヒータ材料に比べて電気伝導率が大きい材料が積層された構造であるため、2つの光導波路上に形状の異なる薄膜ヒータ及び電気配線を形成しても光導波路に加わる応力の差異を小さく抑えることができ、小型で大規模化に適し、且つ省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品をより安定に提供することができる。

【0023】本発明の請求項5に記載した干渉型熱光学光部品は、請求項1から4のいずれかに記載した干渉型熱光学光部品において、特に、導波路材料として石英を主成分とするガラス材料を使用し、基板としてシリコン基板を使用することで、特に低損失で温度安定性に優れ、且つ省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を提供することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】 【実施例1】 本発明の第1の実施例に係る干渉型熱光学光部品を図1に示す。図1(a)は上面図、図1(b)はA-A'線断面図、図1(c)

はB-B'線断面図である。なお、本実施例、及び以下の実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記載する。

【0025】同図に示すように、本実施例は、2つの3dB合分波器32a, 32bを2本の光導波路33a, 33bで接続してマッハ・ツェンダ干渉計を構成し、光導波路33a, 33bの一部に両脇の導波路材料を除去した溝5を形成し、更に、光導波路33a上には溝5が形成された領域に薄膜ヒータ（以下、特性制御用ヒータと言う）4aを形成し、光導波路33b上には溝5が形成されない領域に薄膜ヒータ（以下、光路長誤差補正用ヒータという）4bを形成している。また、特性制御用ヒータ4a, 光路長誤差補正用ヒータ4bの両端には給電用電気配線6を接続した。

【0026】本実施例では、基板としてシリコン基板1を使用し、全ての光導波路は石英を主成分とするガラス材料で形成した。コア寸法を7[μm]×7[μm]、比屈折率差を0.75[%]、クラッド2の厚さを60[μm]とした。また回路の概略寸法は、光導波路33aの長さを5[mm]、光導波路33bの長さを(5+0.0005)[mm]、光導波路33a, 33bの距離を0.2[mm]、特性制御用ヒータ4aの寸法を幅30[μm]、長さ3[mm]、光路長誤差補正用ヒータ4bの寸法を幅30[μm]、長さ2[mm]、溝5の寸法を幅0.15[mm]、長さ3[mm]とした。

【0027】光導波路33aの長さは、無電力印加の状態で入力光導波路31aに入射した光が出力光導波路34aに出射するように、石英ガラス中における1/2波長( $\lambda = 1.55[\mu m]$ )に相当する0.0005[m]だけ光導波路33bよりも長くした。本実施例は、図6に示す工程により作製した。まず、図6(a)に示すように、シリコン基板1上に火炎堆積法(FHD法)を用いてクラッド層2とコア層3を堆積した。

【0028】次いで、図6(b)に示すように、堆積したコア層3をフォトリソグラフィ技術と反応性ドライエッティング技術(RIE)を用いて導波路形状に加工し、図6(c)に示すように、その上にクラッド層2を堆積して埋め込み型石英系光導波路を形成した。その後、図6(d)に示すように、作製した光導波路のクラッド層4の上にCr膜からなる薄膜ヒータ4とAu膜からなる電気配線6を形成し、最後に図6(e)に示すように、RIEを用いて溝5を形成した。なお、本実施例及び以降の実施例では、光導波路の作製に火炎堆積法を用いているが、これに何ら縛られるものではなく、気相法やゾルゲル法といったあらゆる方法を用いることが可能である。

【0029】また、本実施例及び以降の実施例では、薄膜ヒータと電気配線の材料として、それぞれCr膜とAu膜を用いているが、これに何ら縛られるものではなく、電気特性の類似したあらゆる材料の組み合わせを用

いることが可能である。前述の作製工程を用いて導波路型熱光学光スイッチを作製し特性評価を行った。特性評価は、局所加熱による光路長誤差補正工程の前後での消光比とドライブ電力、及び光路長誤差について行った。詳細には、消光比は電力を印加しない状態で入力光導波路31aに光を入射し、出力光導波路34bに出射する光強度を測定して求めた。

【0030】ドライブ電力は入力光導波路31aに光を入射して出力光導波路34bに出射する光強度を測定しながら、特性制御用ヒータ4aに印加する電力を最も消光する点が2点観測されるまで増加させ、その2点での電力値の差を測定して求めた(ドライブ電力[W] = (2点の電力値の差) ÷ 2)。また、光路長誤差は、入力光導波路31aに光を入射して出力光導波路34bに出射する光強度を測定しながら特性制御用ヒータ4aに電力を印加して、設計上は無電力印加状態で得られるはずの最も消光する点が無電力印加状態からどの程度ずれているか測定し、前述のドライブ電力と比較して求めた(光路長誤差[%] = (最も消光する点と無電力状態との差) ÷ (ドライブ電力) × 100)。

【0031】測定の結果、光路長誤差補正前の特性は、消光比16[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差10.0[%]であった。また、光路長誤差補正後の特性は、消光比30[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差0.5[%]以下であった。ここで、図8に示す従来の省電力構造の導波路型光スイッチは、光路長誤差を補正することができないため、消光比20[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差6.5[%]であり、従って、本構造によってドライブ電力を従来の省電力構造の導波路型光スイッチと同等まで低減しつつ、局所加熱による光路長誤差補正によって消光比を10[dB]改善することができた。

【0032】本実施例では、光路長誤差補正前の消光比が16[dB]であり、光路長誤差が10.0[%]であったが、これは光導波路33a, 33bの上に形成される薄膜ヒータの形状が異なり、光導波路33a, 33bに加わる応力に差異があったためである。理論上は、光路長差を0.5[%]以下に抑えると45[dB]以上の消光比が得られるが、本実施例では、溝5の形成による応力変化の影響が合分波器32bに加わり、分岐比が設計値である50[%]から離れたため、30[dB]の消光比しか得られなかった。

【0033】本実施例では、導波路材料として石英を主成分としたガラス材料を用いたが、本技術はこれに制限されるものではなく、使用する基板と導波路材料の熱膨張係数差になどに起因する応力が光導波路部に加わっていれば無機誘電体材料や有機誘電体材料を導波路材料とした場合にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現すること

ができる。また、本実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記述したが、本技術はこれに制限されるものではなく、光周波数フィルタや光可変減衰器等のあらゆる干渉型熱光学光部品にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

【0034】【実施例2】本発明の第2の実施例に係る干渉型熱光学光部品を図2に示す。図2(a)は上面図、図2(b)はC-C'線断面図、図2(c)はD-D'線断面図である。なお、本実施例は、合分波器の分岐比を3[dB](50%)とし、導波路型熱光学光スイッチを作製した一例である。

【0035】同図に示すように、本実施例の導波路型熱光学光スイッチは、実施例1の導波路型熱光学光スイッチにおいて、特性制御用ヒータ4a及び溝5を光導波路33a, 33bの中央に配置し、光路長誤差補正用ヒータを4b, 4cの2つに分割して光導波路33a, 33bの両脇に配置したものである。光路長誤差補正用ヒータ4b, 4cの長さが1[mm]であることを除き、その他の概略構成、作製手順は実施例1の導波路型熱光学光スイッチと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0036】本実施例においても実施例1と同様に、局所加熱による光路長誤差補正工程の前後での消光比とドライブ電力、及び光路長誤差について測定を行った。測定の結果、光路長誤差補正前の特性は、消光比16[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差10.0[%]であった。また、光路長誤差補正後の特性は、消光比35[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差0.5[%]以下であった。

【0037】本実施例でも、実施例1と同様に、ドライブ電力を図8に示す従来の省電力構造の導波路型熱光学光スイッチと同等の0.17[W]まで低減しつつ、局所加熱による光路長誤差補正によって消光比を15[dB]改善することができた。また、本実施例では、溝5を2つの合分波器32a, 32bから離して配置したため、応力変化による合分波器32a, 32bの特性劣化を低く抑えることができ、実施例1と比較して、消光比を更に5[dB]改善することができた。

【0038】本実施例では、光路長誤差補正前の消光比が16[dB]であり、光路長誤差が10.0[%]であったが、これは光導波路33a, 33bの上に形成される薄膜ヒータの形状が異なり、光導波路33a, 33bに加わる応力に差異があったためである。本実施例では、導波路材料として石英を主成分としたガラス材料を用いたが、本技術はこれに制限されるものではなく、使用する基板と導波路材料の熱膨張係数差になどに起因する応力が光導波路部に加わっていれば無機誘電体材料や有機誘電体材料を導波路材料とした場合にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補

正して、省電力な導波路型熱光学光スイッチを良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

【0039】また、本実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記述したが、本技術はこれに制限されるものでなく、光周波数フィルタや光可変減衰器等のあらゆる干渉型熱光学光部品にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

【0040】〔実施例3〕本発明の第3の実施例に係る干渉型熱光学光部品を図3に示す。図3(a)は上面図、図3(b)はE-E'線断面図、図3(c)はF-F'線断面図である。なお、本実施例は、合分波器の分岐比を3[dB] (50%)とし、導波路型熱光学光スイッチを作製した一例である。

【0041】同図に示すように、本実施例の導波路型熱光学光スイッチは、実施例1の導波路型熱光学光スイッチにおいて、特性制御用ヒータ4aに給電するための電気配線6aを溝5が形成されていない領域の光導波路33a上に形成し、光路長誤差補正用ヒータ4bに給電するための電気配線6bを溝5が形成されている領域の光導波路33b上に形成したものである。電気配線は薄膜ヒータ膜として使用しているCr膜上にAu膜を積層した構造とした。その他の概略構成、作製手順は実施例1の導波路型熱光学光スイッチと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0042】本実施例においても実施例1と同様に、局所加熱による光路長誤差補正工程の前後での消光比とドライブ電力、及び光路長誤差について測定を行った。測定の結果、光路長誤差補正前の特性は、消光比20[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差6.4[%]であった。また、光路長誤差補正後の特性は、消光比30[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差0.5[%]以下であった。本実施例でも、実施例1と同様に、ドライブ電力を図8に示す従来の省電力構造の導波路型熱光学光スイッチと同等の0.17[W]まで低減しつつ、局所加熱による光路長誤差補正によって消光比を10[dB]改善することができた。

【0043】本実施例でも実施例1と同様に、2つの合分波器の分岐比が設計値である50[%]からずれたため、30[dB]程度の消光比しか得られなかった。また、本実施例では、光導波路33a、33bに形成される電気配線と薄膜ヒータの形状が異なっているが、電気配線をCr膜とAu膜の積層構造とし、薄膜ヒータをCr膜の単層構造としたため、光導波路33a、33bに加わる応力の差異が低く抑えられ、補正前の消光比が実施例1よりも4[dB]改善した。

【0044】本実施例では、導波路材料として石英を主成分としたガラス材料を用いたが、本技術はこれに制限されるものでなく、使用する基板と導波路材料の熱膨張

係数差などに起因する応力が光導波路部に加わっていれば無機誘電体材料や有機誘電体材料を導波路材料とした場合にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な導波路型熱光学光スイッチを良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。また、本実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記述したが、本技術はこれに制限されるものでなく、光周波数フィルタや光可変減衰器等のあらゆる干渉型熱光学光部品にも適用することができ、本実施例と同様に光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

【0045】〔実施例4〕本発明の第4の実施例に係る干渉型熱光学光部品を図4に示す。図4(a)は上面図、図4(b)はG-G'線断面図、図4(c)はH-H'線断面図である。なお、本実施例は、合分波器の分岐比を3[dB] (50%)とし、導波路型熱光学光スイッチを作製した一例である。

【0046】同図に示すように、本実施例の導波路型熱光学光スイッチは、実施例2の導波路型熱光学光スイッチにおいて、特性制御用ヒータ4aに給電するための電気配線6aを溝5が形成されていない領域の光導波路33a上に形成し、光路長誤差補正用ヒータ4bに給電するための電気配線6bを溝5が形成されている領域の光導波路33b上に形成したものである。その他の概略構成、作製手順は実施例2の導波路型熱光学光スイッチと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0047】本実施例においても実施例1と同様に、局所加熱による光路長誤差補正工程の前後での消光比とドライブ電力、及び光路長誤差について測定を行った。測定の結果、光路長誤差補正前の特性は、消光比20[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差6.4[%]であった。また、光路長誤差補正後の特性は、消光比35[dB]、ドライブ電力0.17[W]、光路長誤差0.5[%]以下であった。

【0048】本実施例でも、実施例1と同様に、ドライブ電力を図5に示す従来の省電力構造の導波路型熱光学光スイッチと同等の0.17[W]まで低減しつつ、局所加熱による光路長誤差補正によって消光比を15[dB]改善することができた。また、本実施例でも実施例2と同様に、溝5を2つの合分波器32a、32bから離して配置したため、応力変化による合分波器32a、32bの特性劣化を防ぐことができ、実施例1と比較して、消光比を更に5[dB]改善することができた。

【0049】また、本実施例では、光導波路33a、33bに形成される電気配線と薄膜ヒータの形状が異なっているが、電気配線をCr膜とAu膜の積層構造とし、薄膜ヒータをCr膜の単層構造としたため、光導波路33a、33bに加わる応力の差異が低く抑えられ、補正前の消光比が実施例1よりも4[dB]改善した。ま

た、本実施例では、特に、2つの光路長誤差補正用ヒータ4b, 4cに給電するための電気配線6bを共通にすることで、電気配線6bを整然と配置することができ、小型化、大規模化に適した構成にすることができた。

【0050】本実施例では、導波路材料として石英を主成分としたガラス材料を用いたが、本技術はこれに制限されるものでなく、使用する基板と導波路材料の熱膨張係数差などに起因する応力が光導波路部に加わっている場合には、例えば無機誘電体材料や有機誘電体材料を導波路材料とした場合にも適用することができ、本実施例と同様に作製時の光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な導波路型熱光学光スイッチを良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。また、本実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記述したが、本技術はこれに制限されるものでなく、光周波数フィルタや光可変減衰器等のあらゆる干渉型熱光学光部品にも適用することができ、本実施例と同様に作製時の光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

【0051】【実施例5】本発明の第5の実施例に係る干渉型熱光学光部品を図5に示す。図5(a)は上面図、図5(b)はI—I'線断面図、図5(c)はJ—J'線断面図である。なお、本実施例は、合分波器の分岐比を3[dB] (50%)として導波路型熱光学光スイッチを作製し、更に溝を形成する領域の光導波路の直下に、シリコン基板上に凹形形状を形成してその内部にクラッド材料を充填したトレンチを形成した一例である。

【0052】同図に示すように、本実施例の導波路型熱光学光スイッチは、実施例4の導波路型熱光学光スイッチにおいて、光導波路33a, 33bの溝5を形成する領域の直下に、シリコン基板1上に凹形形状を形成してその内部にクラッド材料を充填したトレンチ11を形成したものである。トレンチの寸法は幅150[μm]、長さ2[mm]、深さ50[μm]とした。その他の概略構成は実施例4の導波路型熱光学光スイッチと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0053】本実施例の作製手順は、まずシリコン基板1に凹形形状を形成してその上にクラッド材料を堆積した。その後クラッド材料が凹形形状の内部にのみ残るように表面を機械研磨で平坦化し、その上に図6に示す工程で前述の実施例と同様に光導波路と薄膜ヒータと電気配線と溝を形成した。本実施例においても実施例1と同様に、局所加熱による光路長誤差補正工程の前後での消光比とドライブ電力、及び光路長誤差について測定を行った。

【0054】測定の結果、光路長誤差補正前の特性は、消光比20[dB]、ドライブ電力0.12[W]、光路長誤差6.5[%]であった。また、光路長誤差補正

後の特性は、消光比35[dB]、ドライブ電力0.12[W]、光路長誤差0.5[%]以下であった。本実施例では、トレンチ11を形成することにより、ドライブ電力を図5に示す従来の省電力構造の導波路型熱光学光スイッチの0.17[W]よりも30[%]低減することができ、また、局所加熱による光路長誤差補正によって消光比を15[dB]改善することができた。

【0055】また、本実施例でも実施例4と同様に、溝5を2つの合分波器32a, 32bから離して配置したため、応力変化による合分波器32a, 32bの特性劣化を防ぐことができ、実施例1と比較して、消光比を更に5[dB]改善することができた。また、本実施例では、光導波路33a, 33bに形成される電気配線と薄膜ヒータの形状が異なっているが、電気配線をCr膜とAu膜の積層構造とし、薄膜ヒータをCr膜の単層構造としたため、光導波路33a, 33bに加わる応力の差異が低く抑えられ、補正前の消光比が実施例1よりも4[dB]改善した。

【0056】本実施例では、光導波路33a, 33bの下部にトレンチ11を形成したが、光導波路33a, 33bの下部のトレンチは同一の構造であるため、消光比等の劣化は見られなかった。また、本実施例でも実施例4と同様に、特に2つの光路長誤差補正用ヒータ4b, 4cに給電するための電気配線6bを共通にすることで、電気配線6bを整然と配置することができ、小型化、大規模化に適した構成にすることができた。

【0057】本実施例では、導波路材料として石英を主成分としたガラス材料を用いたが、本技術はこれに制限されるものでなく、使用する基板と導波路材料の熱膨張係数差などに起因する応力が光導波路部に加わっている場合には、例えば無機誘電体材料や有機誘電体材料を導波路材料とした場合にも適用することができ、本実施例と同様に作製時の光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な導波路型熱光学光スイッチを良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。また、本実施例では、導波路型熱光学光スイッチの場合について記述したが、本技術はこれに制限されるものでなく、光周波数フィルタや光可変減衰器等のあらゆる干渉型熱光学光部品にも適用することができ、本実施例と同様に作製時の光路長誤差を作製工程後に補正して、省電力な干渉型熱光学光部品を良好な特性で生産性良く低価格に実現することができる。

### 【0058】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明では、マッハ・ツェンダ干渉計の2つの合分波器を接続する2本の光導波路の一部に、両側の導波路材料を除去した溝を形成し、一方の光導波路上には溝が形成された領域に薄膜ヒータを形成して特性制御用ヒータとして使用し、もう一方の光導波路上には溝が形成されない領域に薄膜ヒータを形成して光路誤差補正

用ヒータとして使用することで、回路寸法を増大させることなく、特性制御に必要なドライブ電力を低減し、且つ作製時の光路長誤差を局所加熱によって補正することができるため、生産性が高く、低価格で、且つ省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を提供することができる。従って、本発明は、省電力で特性が優れた干渉型熱光学光部品を実用する上で極めて効果的である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1（a）は本発明の第1の実施例に係る干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図1（b）は

図1（a）中のA-A'線断面図、図1（c）は図1（a）中のB-B'線断面図である。

【図2】図2（a）は本発明の第2の実施例に係る干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図2（b）は図2（a）中のC-C'線断面図、図2（c）は図2（a）中のD-D'線断面図である。

【図3】図3（a）は本発明の第3の実施例に係る干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図3（b）は図3（a）中のE-E'線断面図、図3（c）は図3（a）中のF-F'線断面図である。

【図4】図4（a）は本発明の第4の実施例に係る干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図4（b）は図4（a）中のG-G'線断面図、図4（c）は図4（a）中のH-H'線断面図である。

【図5】図5（a）は本発明の第5の実施例に係る干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図5（b）は図5（a）中のI-I'線断面図、図5（c）は図5

（a）中のJ-J'線断面図である。

【図6】図6（a）～（e）は、石英系平面光波回路技術を用いて作製される干渉型熱光学光部品の作製手順を示す工程図である。

【図7】図7（a）は従来の干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図7（b）は図7（a）中のK-K'線断面図である。

【図8】図8（a）は従来の干渉型熱光学光部品の概略構成を示す上面図、図8（b）は図8（a）中のL-L'線断面図である。

## 【符号の説明】

- |          |                    |
|----------|--------------------|
| 1        | シリコン基板             |
| 2        | クラッド層              |
| 3        | コア                 |
| 4        | 薄膜ヒータ              |
| 4a       | 特性制御用ヒータ           |
| 4b, 4c   | 光路長誤差補正用ヒータ        |
| 5        | 溝                  |
| 6        | 給電用電気配線            |
| 6a       | 特性制御用ヒータ給電用電気配線    |
| 6b       | 光路長誤差補正用ヒータ給電用電気配線 |
| 11       | トレンチ               |
| 31a, 31b | 入力光導波路             |
| 32a, 32b | 合分波器               |
| 33a, 33b | 光導波路               |
| 34a, 34b | 出力光導波路             |

10

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

20

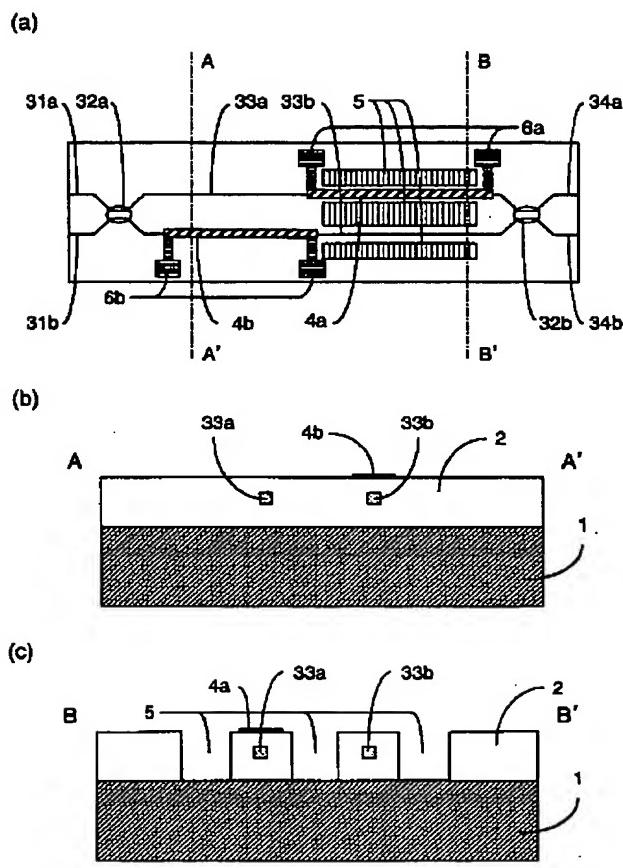
20

20

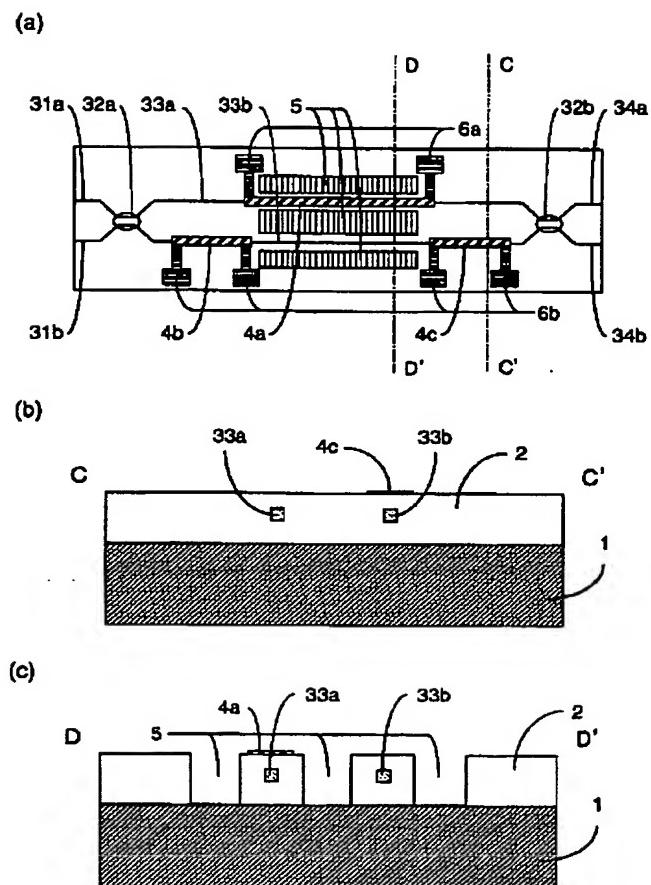
20

20

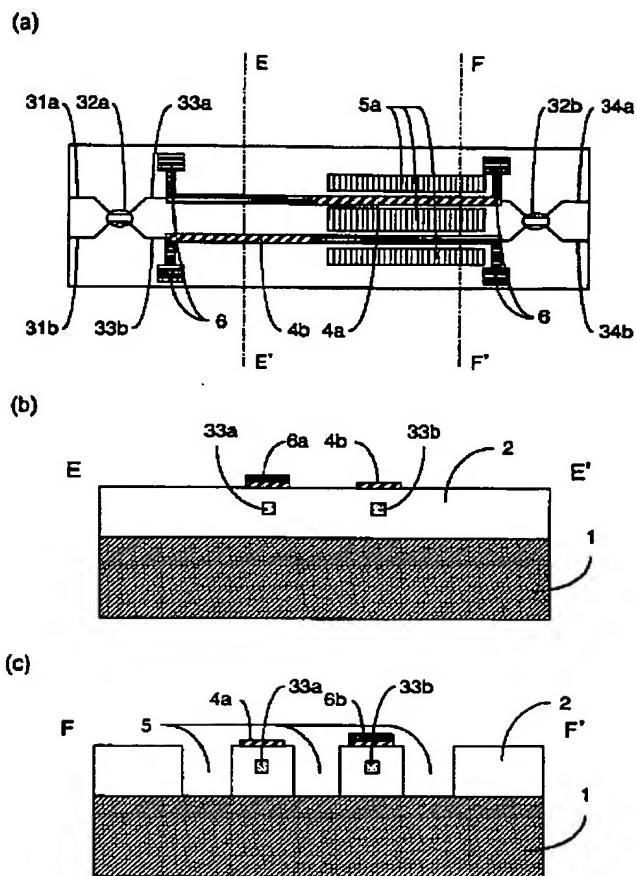
【図1】



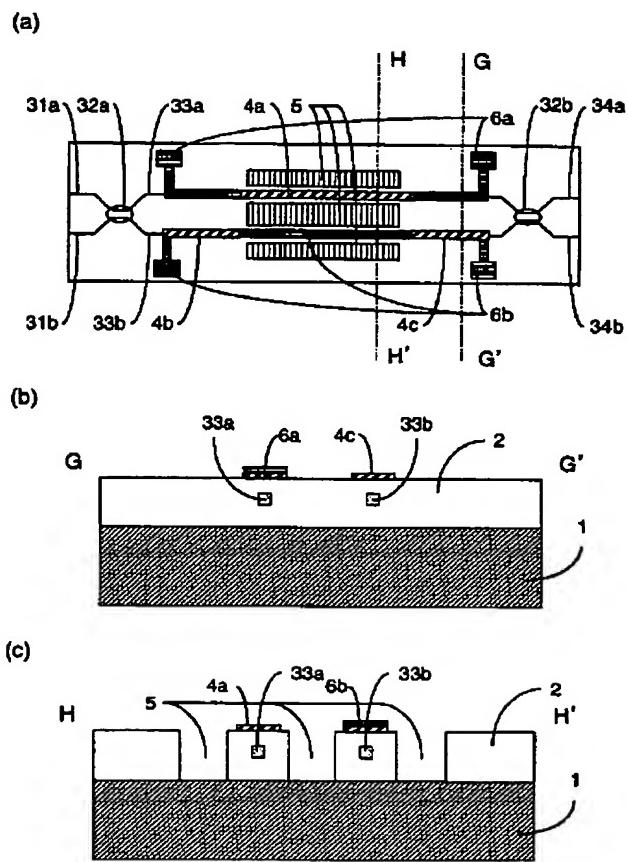
【図2】



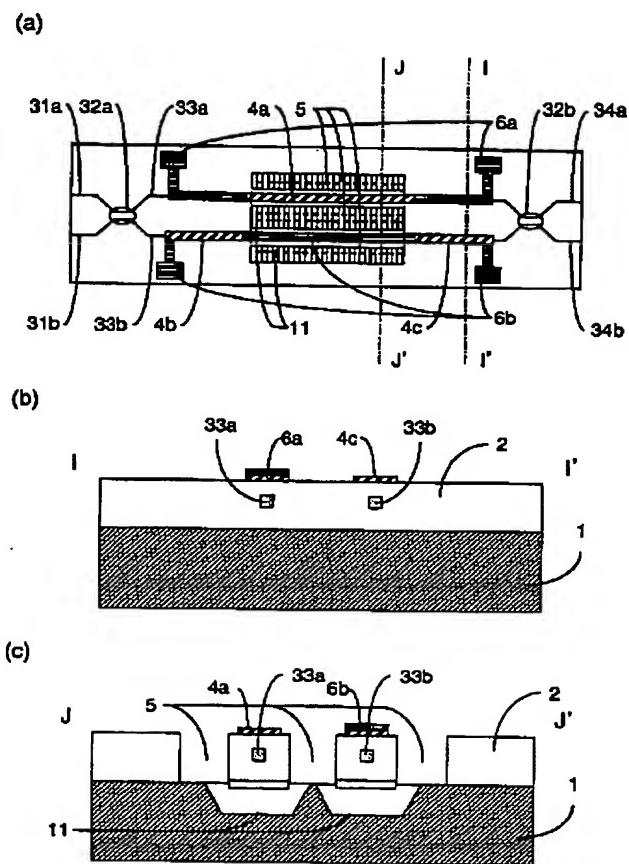
【図3】



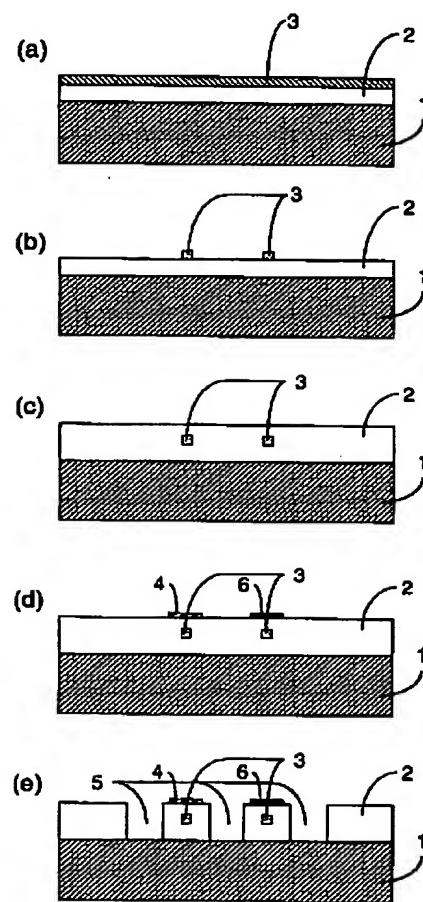
【図4】



【図5】

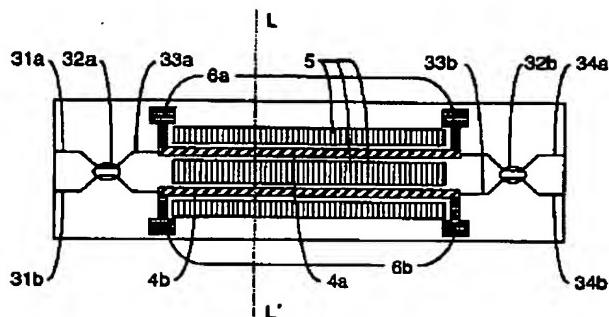


【図6】

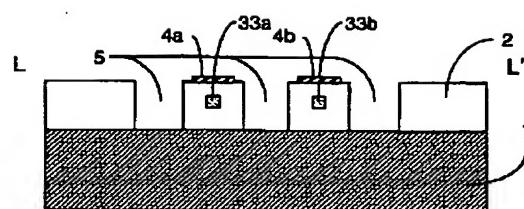


【図8】

(a)



(c)



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H079 AA06 AA12 BA01 BA03 CA05  
 DA14 DA22 EA05 EB27 GA05  
 HA12 JA07  
 2K002 AA02 AB05 BA13 CA15 CA22  
 DA08 DA20 EA14 GA07 HA11